

УДК 004.94:621.644.2 662.76

Н.В. Грунтович¹, А.А. Капанский²

¹ Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров
в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ»,

Минск, Беларусь, 220037

e-mail: gruntovich@tut.by;

² Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,

Гомель, Беларусь, 246029

e-mail: kapanski@mail.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

В условиях современной Беларуси, где газификация достигла высокого уровня, важнейшим фактором, влияющим на потребление природного газа, остаются сезонные колебания температуры. Настоящее исследование посвящено анализу взаимосвязи между температурой наружного воздуха и потреблением газа в региональных системах газоснабжения на примере Гомельской области. Используя данные за период с 2012 по 2023 г., проведен корреляционный анализ по различным секторам экономики, включая энергетический, промышленный, жилищный и сельскохозяйственный секторы. Результаты демонстрируют значительную отрицательную корреляцию между снижением температуры и ростом потребления газа, особенно в отопительный период. Исследование подчеркивает важность учета климатических изменений при планировании поставок и разработке стратегий оптимизации использования газа. Полученные данные могут служить основой для формирования долгосрочных прогнозов потребления газа, что в свою очередь способствует повышению эффективности работы региональных систем газоснабжения и энергетической устойчивости страны.

Ключевые слова: региональные системы газоснабжения, потребление природного газа, температура наружного воздуха, корреляционный анализ.

N.V. Gruntovich¹, A.A. Kapansky²

¹ State Institute for Advanced Training and Retraining of Personnel in the Field of Gas Supply
“GAS-INSTITUTE”,

Minsk, Belarus, 220037

e-mail: gruntovich@tut.by;

² Sukhoi State Technical University of Gomel,

Gomel, Belarus, 246029

e-mail: kapanski@mail.ru

ANALYSIS OF TEMPERATURE FLUCTUATIONS IMPACT ON NATURAL GAS CONSUMPTION IN REGIONAL GAS SUPPLY SYSTEMS

In modern Belarus, where the gasification system has reached a high level, seasonal temperature fluctuations remain a key factor influencing natural gas consumption. This study focuses on analyzing the relationship between outside air temperature and gas consumption in regional gas supply systems, using the Gomel region as a case study. Based on data from 2012 to 2023, a correlation analysis across various economic sectors, including the energy, industrial, residential, and agricultural sectors was conducted. The results show a significant negative correlation between falling temperatures and increased gas consumption, particularly during the heating season. The study highlights the importance of accounting for climate changes when planning gas supplies and developing strategies to optimize gas usage. The data obtained can serve as the foundation for long-term gas consumption forecasts, contributing to the increased efficiency of regional gas supply systems and the country's energy sustainability.

Key words: regional gas supply systems, natural gas consumption, outside air temperature, correlation analysis.

В последние годы вопросы повышения энергетической эффективности и обеспечения устойчивости систем газоснабжения приобрели глобальное значение. Для Беларуси, где уровень газификации достиг значительных высот, одной из приоритетных задач становится точное про-

гнозирование потребления энергоресурсов в условиях изменяющегося климата и экономических трансформаций. Одним из ключевых факторов, влияющих на объемы потребления природного газа, выступает температура наружного воздуха, особенно ее динамика в период отопительного сезона. Региональные системы газоснабжения (РСГС) Беларуси, которые обеспечивают энергией широкий спектр потребителей – от энергетических и промышленных предприятий до бытовых и коммунальных служб, сталкиваются с новыми вызовами, требующими адаптации к изменениям климата. Глубокий анализ взаимосвязи между температурными колебаниями и потреблением газа позволяет получать важные данные для оптимизации работы газовых систем и формирования стратегий повышения энергетической эффективности [1–3].

Цель данного исследования заключается в изучении воздействия сезонных колебаний температуры на динамику потребления природного газа в рамках Гомельской региональной системы газоснабжения (РСГС). Основное внимание уделено корреляционному анализу, который позволяет определить степень влияния температурных изменений на потребление газа в различных секторах экономики. Следует отметить, что в данной публикации представлены промежуточные результаты исследования, тогда как конечной целью является выявление ключевых закономерностей и тенденций, способных служить основой для разработки эффективной стратегии управления газоснабжением и планирования поставок природного газа на уровне всей страны.

Научные исследования в области газоснабжения основываются на детальном анализе суточной статистики потребления природного газа за период с 2012 по 2023 год. Для упрощения анализа и планирования потребители газа в рамках региональной системы газоснабжения сгруппированы в укрупненные балансовые группы (УБГ), которые отражают основные сектора потребления. К ним относятся: энергетический сектор, где газ выступает важнейшим источником для выработки электро- и теплоэнергии; промышленность, охватывающая как крупные, так и мелкие предприятия с различными уровнями потребления газа; жилищный сектор, использующий газ для отопления домов и бытовых нужд; сельское хозяйство, где газ необходим для технических операций, таких как обогрев помещений и сушка урожая; коммунальные и жилищно-коммунальные хозяйства, задействующие газ в своей повседневной деятельности. Детализация потребления по этим группам позволяет глубже понять структуру газового баланса и выработать эффективные стратегии по оптимизации использования газовых ресурсов [4–6]. Структура укрупненной балансовой группы региональной системы газоснабжения представлена на рис. 1.

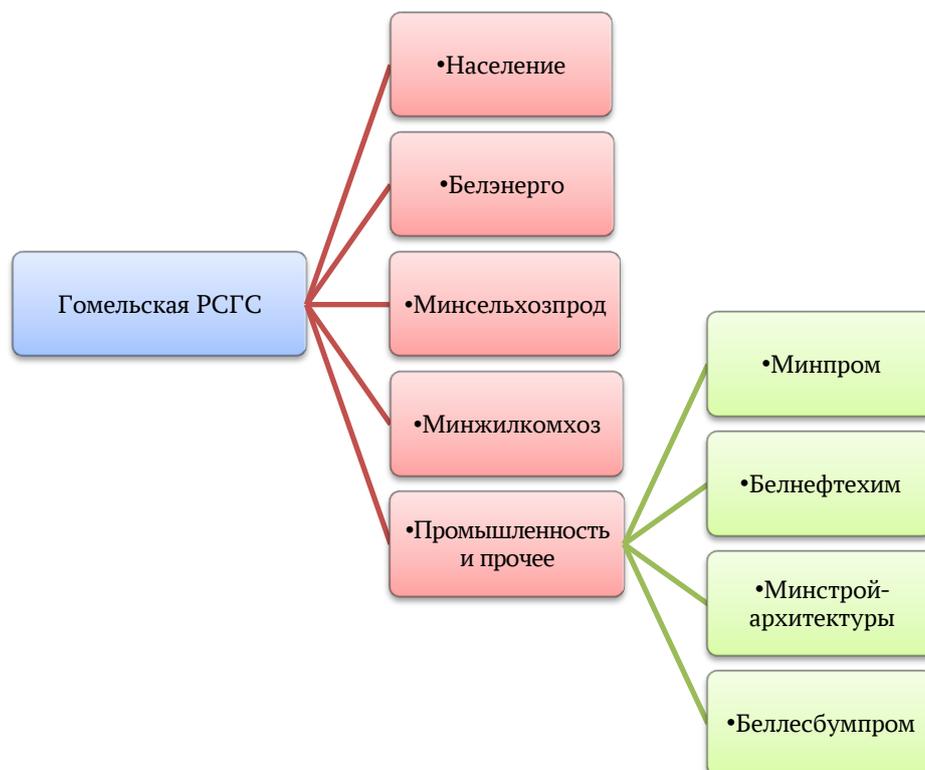


Рис. 1. Структура укрупненной балансовой группы региональной системы газоснабжения

Исследования изменчивости потребления природного газа балансовой структуры и оценка силы связи с температурой наружного воздуха выступают ключевыми аспектом комплексного анализа в контексте разработки модели прогнозирования. В Гомельской области, как и во многих других регионах, отопительный период варьируется в зависимости от погодных условий, насчитывая в сумме порядка 188 дней. Этот факт подчеркивает важность понимания силы связи между температурой наружного воздуха и потреблением газа в отопительном и межотопительном периодах. В таблице приведены результаты корреляционного анализа по различным секторам экономики за период с 2012 по 2023 г.

Сила связи потребления природного газа и температуры наружного воздуха (по годовым данным)

Год	Население	Белэнерго	Минпром	Белнефтехим	Минсельхозпрод	Минстройархитектуры	Минжилкомхоз	Беллесбумпром	Прочая промышленность
2012	-0,97	-0,87	-0,76	-0,60	-0,91	-0,86	-0,96	-0,94	-0,92
2013	-0,98	-0,84	-0,77	-0,20	-0,82	-0,18	-0,95	-0,84	-0,90
2014	-0,96	-0,93	-0,64	-0,03	-0,82	-0,58	-0,93	-0,75	-0,87
2015	-0,95	-0,91	-0,41	-0,17	-0,85	-0,74	-0,93	-0,65	-0,76
2016	-0,96	-0,92	-0,59	-0,32	-0,86	-0,51	-0,93	-0,59	-0,71
2017	-0,96	-0,91	-0,67	0,04	-0,79	-0,53	-0,93	-0,39	-0,88
2018	-0,97	-0,94	-0,63	-0,35	-0,80	-0,65	-0,96	-0,28	-0,87
2019	-0,95	-0,92	-0,71	-0,13	-0,80	-0,23	-0,93	-0,39	-0,41
2020	-0,95	-0,88	-0,65	-0,32	-0,86	-0,59	-0,92	-0,48	-0,71
2021	-0,96	-0,92	-0,66	-0,41	-0,87	-0,74	-0,94	-0,15	-0,83
2022	-0,96	-0,90	-0,80	-0,59	-0,82	-0,44	-0,93	-0,34	-0,74
2023	-0,95	-0,67	-0,70	-0,07	-0,84	-0,57	-0,93	-0,70	-0,77

Корреляционная карта газопотребления и температуры воздуха по укрупненным балансным группам Гомельской РСГС приведена на рис. 2.

Тепловая карта корреляций потребления газа по отраслям и температурой воздуха по годам

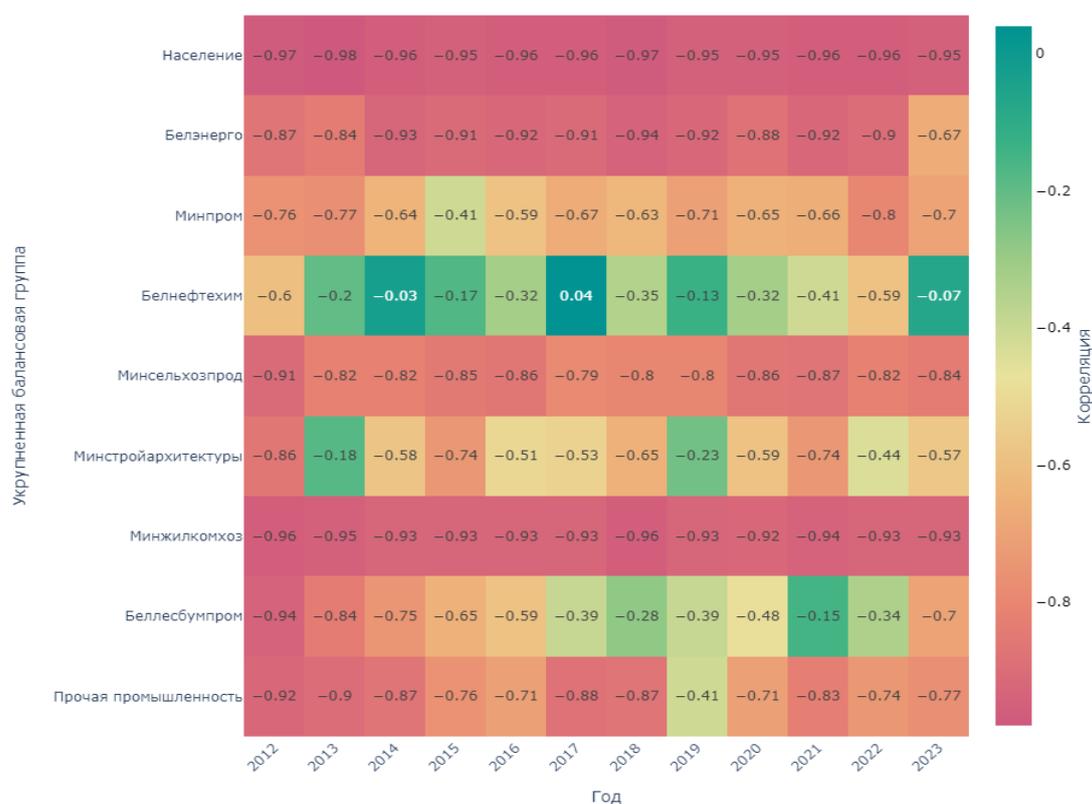


Рис. 2. Тепловая карта корреляции газопотребления и температуры воздуха по укрупненным балансным группам Гомельской РСГС

Полученные результаты позволяют сделать несколько ключевых выводов. Во-первых, в большинстве секторов и за большинство лет наблюдается очень сильная отрицательная корреляция (от $-0,90$ до $-1,00$), подчеркивающая тесную связь между снижением температуры и ростом потребления газа. Это явно демонстрирует, что температурные условия играют ключевую роль в определении потребления газа во всех секторах. Во-вторых, вариативность корреляции между разными секторами и годами указывает на различную чувствительность к изменениям температуры, что может отражать специфику потребления газа в каждом из них. К примеру, сектор «Население» выделяется очень высокой и стабильной отрицательной корреляцией во все годы, указывая на значительное влияние температуры наружного воздуха на бытовое потребление газа. Сектора «Белэнерго» и «Минстройархитектуры» также показывают значительное влияние температуры на потребление газа, в то время как сектор «Белнефтехим» демонстрирует наименьшую силу связи, что может свидетельствовать о более сложных факторах, влияющих на его потребление газа, особенно в 2017 г. Наконец, временные тренды в корреляции могут отражать изменения потребительских свойств, эффективности использования энергии, воздействие климатических изменений или структурные изменения в потреблении газа. Эти наблюдения подчеркивают важность взаимосвязи между температурой и потреблением природного газа, требующей дальнейшего глубокого изучения.

Основываясь на данных по статистике потребления газа различными секторами экономики, для поиска значимых отличий в потреблении проведена оценка вариативности. Для этого выполнено построение диаграммы размаха [7]. На представленной диаграмме рис. 3 каждый «ящик» отображает распределение потребления природного газа для различных групп потребителей. Ящик включает в себя медиану (линия в середине ящика), первый (нижний край ящика) и третий (верхний край ящика) квартили, отражающие 25-й и 75-й проценти соответственно, а «усы» указывают на минимальные и максимальные значения в пределах 1,5 межквартильных размахов от квартилей. Точки за пределами «усов» представляют выбросы, которые могут указывать на аномально высокое или низкое потребление в определенной группе.

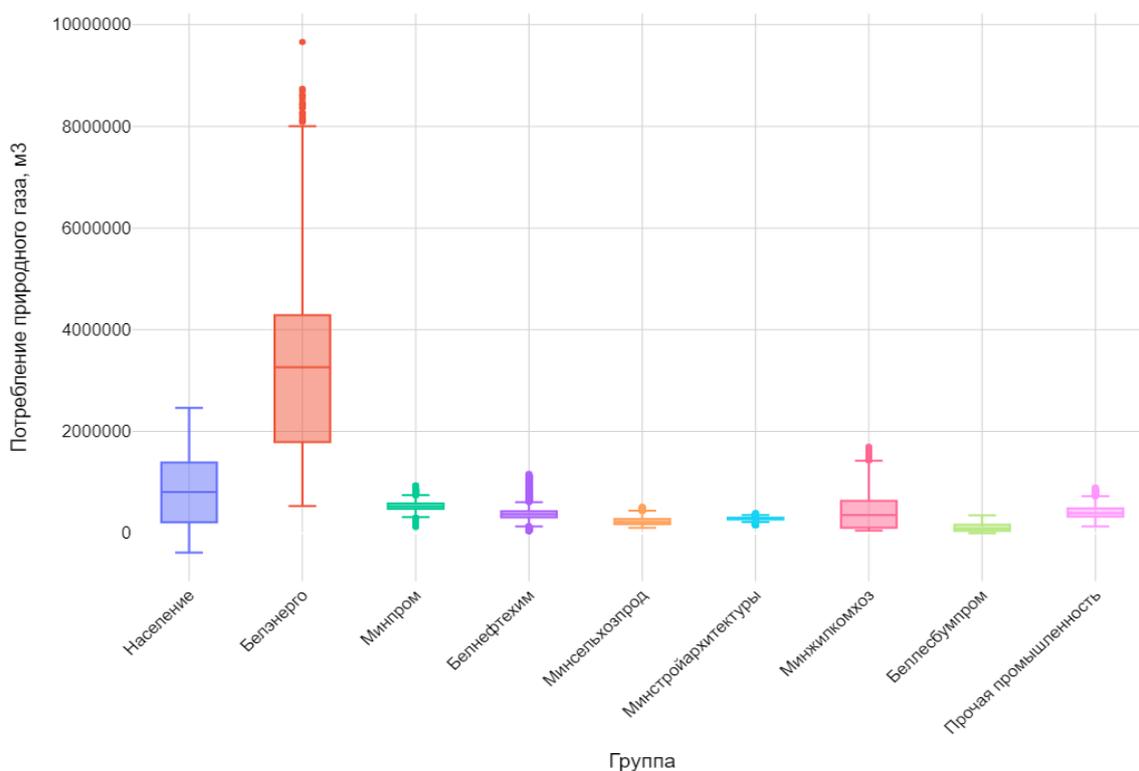


Рис. 3. Диаграмма «ящика с усами» для различных групп потребителей природного газа

На представленной диаграмме группа «Энергетика» заметно выделяется среди остальных групп. Это можно увидеть по значительно большему разбросу значений потребления газа, что отражается в размере ящика и длине усов. «Ящик» этой группы шире, что свидетельствует

о большем межквартильном размахе, а следовательно, и о большей вариативности потребления газа. Медиана, отмеченная линией в середине ящика, также заметно выше по сравнению с другими группами, что указывает на общее более высокое среднее потребление газа в энергетическом секторе. Эти особенности распределения делают эту группу ключевой для учета при формировании стратегии газоснабжения, так как именно она может вносить наибольший вклад в общий объем потребления газа.

Для подтверждения значимости различий в потреблении газа между балансовыми группами был проведен дисперсионный анализ. Результаты анализа с F -статистикой в 12188,97 явно превышают порог статистической значимости, установленный на уровне 3,84 для 0,05 уровня значимости с одной степенью свободы. К тому же, p -значение, стремящееся к нулю, подтверждает высокую статистическую значимость обнаруженных различий. Сумма квадратов межгрупповых вариаций значительно превосходит внутригрупповые вариации, подтверждая значительность различий в потреблении между разными группами потребителей.

Эти статистические данные неоспоримо указывают на то, что различия в потреблении газа между укрупненными балансовыми группами являются не только заметными, но и статистически значимыми. Такой результат подчеркивает необходимость дифференцированного подхода при планировании стратегий газоснабжения, учитывая уникальные потребности и характеристики каждого элемента УБГ. Пренебрежение этими различиями может привести к снижению точности планирования, в результате чего могут возникнуть избыточные или недостаточные объемы поставок, что в свою очередь скажется на надежности и экономической эффективности региональной системы газоснабжения.

Литература

1. The study of structural fields of daily gas consumption of the balance groups of the regional gas supply system / *D. Moroz, N. Hruntovich, S. Jhukovets et al.* // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 мая 2020 года. – Prague, 2020. – P. 01066. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801066. – EDN TQAQPI.
2. Оптимизация схем электроснабжения промышленных предприятий / *Е.И. Грачева, Т.В. Синюкова, Т.В. Табачникова, А.Н. Алимова.* – Казань: Казан. гос. энергет. ун-т, 2022. – 135 с. – EDNSMARQD.
3. *Мусаев Т.А.* Использование интеллектуальных систем учета электрической энергии в целях повышения эффективности процесса тарифообразования / *Т.А. Мусаев, О.В. Федоров, Р.Н. Камалиев, А.А. Капанский* // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2020. – № 2. – С. 68–75.
4. Regularities of the formation of structural fields of daily gas consumption of the regional gas supply system / *D. Moroz, N. Hruntovich, A. Kapanski et al.* // Sustainable Energy Systems: innovative perspectives: Conference proceedings (Saint-Petersburg, 29–30 октября 2020 г.). – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01076. – DOI 10.1051/e3sconf/202023001076. – EDN BBGFXF.
5. Conditional-constant component in the total consumption of an energy resource and its influence on the energy efficiency of industrial consumers / *N. Hruntovich, A. Kapansky, S. Jhukovets et al.* // Sustainable Energy Systems: innovative perspectives: Conference proceedings (Saint-Petersburg, 29–30 октября 2020 г.). – Saint-Petersburg: Springer, Cham, 2021. – P. 459–470. – DOI 10.1007/978-3-030-67654-4_48. – EDN MBNNXD.
6. *Федоров В.Т., Кокоев М.Н., Илюхин А.В.* Гидротурбина – источник тепловой энергии для производства энергоемких стройматериалов // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2023. – Т. XIX, № 4 (34). – С. 85–95. – DOI: 10.26200/GSTOU.2023.83.55.003.
7. *Моисеенко Н.А., Цуев М.М., Саратова Э.Х.* Большие данные и некоторые возможности их применения // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2023. – Т. 19, № 3 (33). – С. 15–23.